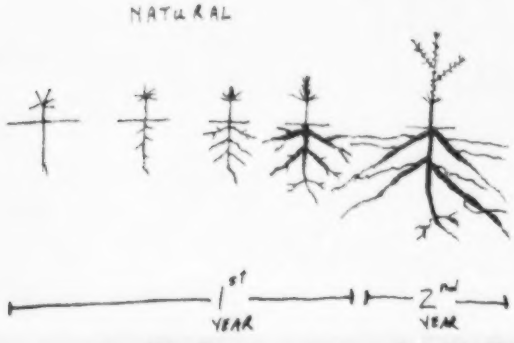
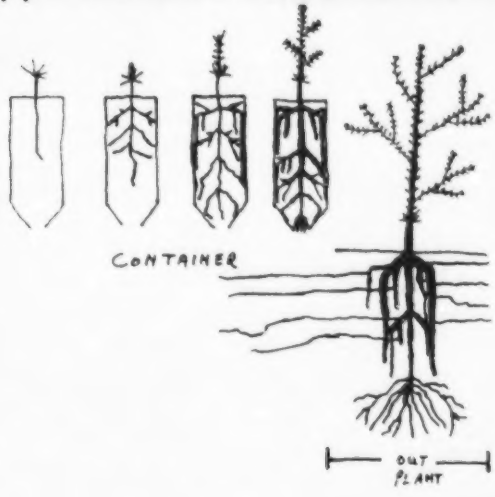
Effets de la taille et de l'espacement des cellules sur la densité radiculaire et sur le rendement en plein champ de l'épinette noire cultivée dans des conteneurs

P. Salonius, K. Beaton, et B. Roze



Rapport d'information M-X-208F



Ressources naturelles Canada
Service canadien des forêts - Centre de foresterie de l'Atlantique
C.P. 4000
Fredericton (Nouveau-Brunswick)
E3B 5P7 CANADA

Ressources naturelles Canada
Service canadien des forêts
Natural Resources Canada
Canadian Forest Service
Canada

101-01571/

Effets de la taille et de l'espacement des cellules sur la densité radiculaire et sur le rendement en plein champ de l'épinette noire cultivée dans des conteneurs

P. Salonius, K. Beaton, et B. Roze

Rapport d'information M-X-208F

Ressources naturelles Canada
Service canadien des forêts - Centre de foresterie de l'Atlantique
C.P. 4000
Fredericton (Nouveau-Brunswick) E3B 5P7 CANADA

2000

©Sa majesté la Reine du Chef du Canada 2000

ISSN 1195-3802
ISBN 0-662-84910-8
N° de catalogue Fo46-19/208F

Un nombre restreint d'exemplaires de cette publication peut être obtenu sans frais à l'adresse suivante :

Service canadien des forêts - Centre de foresterie de l'Atlantique
C.P. 4000
Fredericton (N.-B.) Canada E3B 5P7
Tél. : (506) 452-3500
Téléc. : (506) 452-3525

Des microfiches ou des copies de cette publication sont en vente chez :

Micromédia ltée.
240, rue Catherine, bur. 305
Ottawa (ON) K2P 2G8
Tél. : (613) 237-4250
Ligne sans frais : 1-800-567-1914
Téléc. : (613) 237-4251

This publication is available in English upon request.

Rédaction, dessin, et production : Caroline Simpson

Données de catalogage avant publication (Canada)

Salonius, P.O.

Effets de la taille et de l'espacement des cellules sur la densité radiculaire et sur le rendement en plein champ de l'épinette noire cultivée dans des conteneurs

(Rapport d'information, ISSN 1195-3802 ; M-X-208F)
Publ. aussi en anglais sous le titre : Effects of cell size and spacing on root density and field performance of container-reared black spruce.
ISBN 0-662-84910-8
No de cat. Fo46-19/208F

1. Épinette noire -- Plants en récipients.
2. Épinette noire -- Croissance.
I. Beaton, K.
II. Roze, B. (Blair)
III. Centre de foresterie de l'Atlantique.
IV. Titre.
V. Coll.: Rapport d'information (Centre de foresterie de l'Atlantique) ; M-X-208F.

SD397.B53S34 2000 634.9'752562 C00-980339-4

Abrégé

La présente étude a pour objet d'examiner les effets de la culture en pépinière de semis organisés en un jeu ordonné d'échantillons comptant 51 cadres-supports ouvrés supportant une plage de six tailles de cellules croissantes, selon 11 espacements de plantes, dans toutes les combinaisons possibles. On a réalisé une séquence d'entassement des semis, en rapprochant les cellules de même taille les unes des autres, ou en augmentant la taille des cellules situées au même emplacement, de sorte que la surface du sol représente de 6,2 à 60,4 % de la surface de croissance horizontale. Étant donné que les semis ont été entassés graduellement au cours de la culture, le partage du photosynthétat a favorisé les parties aériennes des plantes; les rapports pousses:racines se sont accrus et les mottes étaient moins fermement retenues ensemble par les racines. La réduction de l'entassement a produit des ratios pousses:racines moins élevés et des mottes à racines « feutrées » très fermes, ayant des densités radiculaires élevées. Les mottes molles et petites transplantées à l'extérieur ont développé des racines plus activement que les mottes dures et grosses. Ces résultats sont analysés dans le contexte des pratiques de production qui prolongent la période de croissance en pépinière afin de produire de gros semis à pelotes radiculaires de haute intégrité.

Mots clés : taille des mottes, espacement de plantes, croissance en pépinière et morphologie, densité radiculaire, régénération des racines, rendement en matière de croissance en plein champ.

Abstract

This study examined the effects of nursery rearing in an array of 51 individual fabricated frames that supported a range of six growing cell sizes at 11 plant spacings in all possible combinations. A continuum of seedling crowding was achieved by placing the same sized cells closer together or by increasing cell size at the same spacing such that soil surface represented 6.2 to 60.4% of horizontal growing space. As seedlings were increasingly crowded during rearing, photosynthate partitioning favored aerial plant parts, shoot:root ratios increased, and soil plugs were less firmly held together by the roots. Decreased crowding produced lower shoot:root ratios and very firm, "root-bound" plugs with high root densities. Soft, undergrown plugs grew roots more actively in field outplantings than did hard, overgrown plugs. These results are discussed in the context of production practices that extend nursery growing to produce large seedlings with high root plug integrity.

Key words: Soil plug size, plant spacing, nursery growth and morphology, root density, root regeneration, field growth performance.

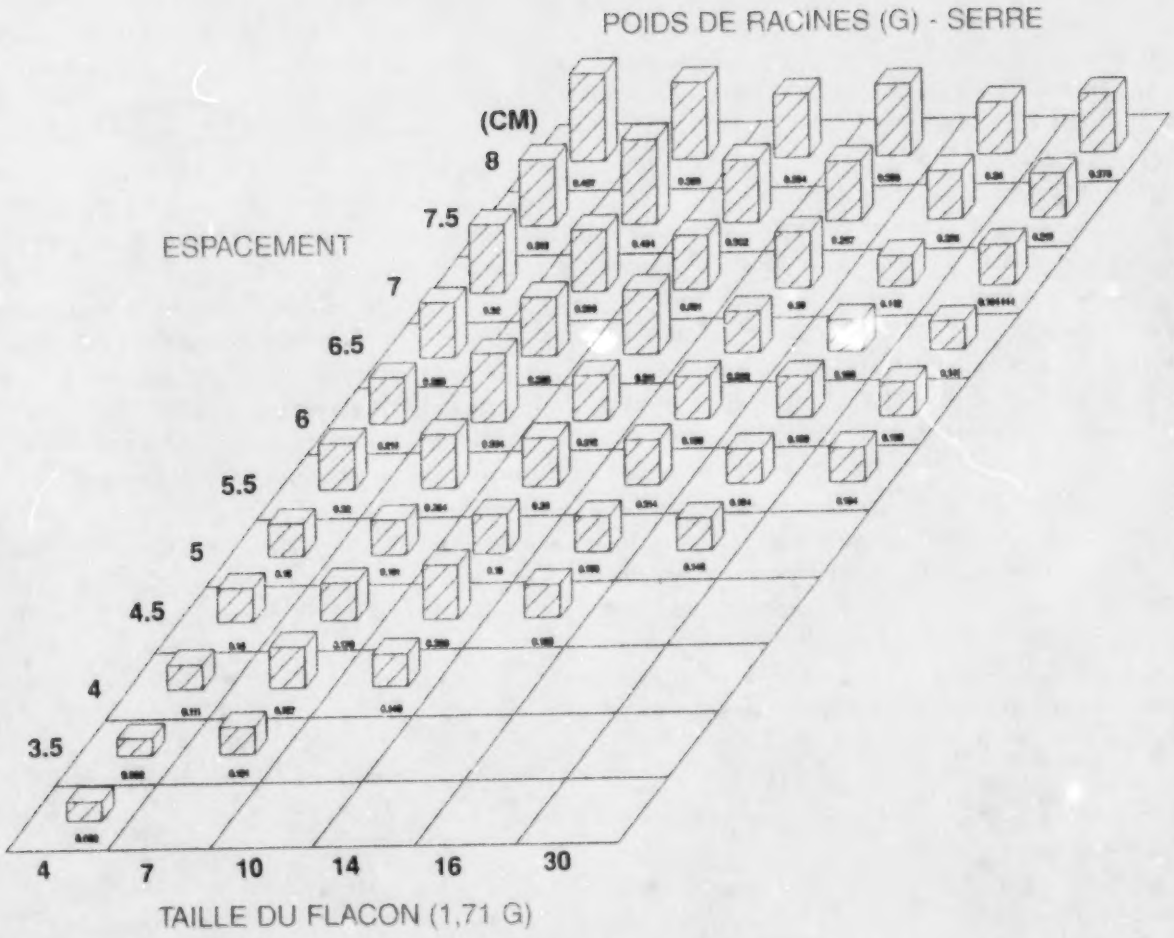

POIDS DE RACINES (G) - SERRE
ESPACEMENT
(CM)
8
7.5
7
6.5
6
5.5
5
4.5
4
3.5
4
7
10
14
16
30
TAILLE DU FLACON (1,71 G)

Table des matières

Abrégé 3

Introduction 7

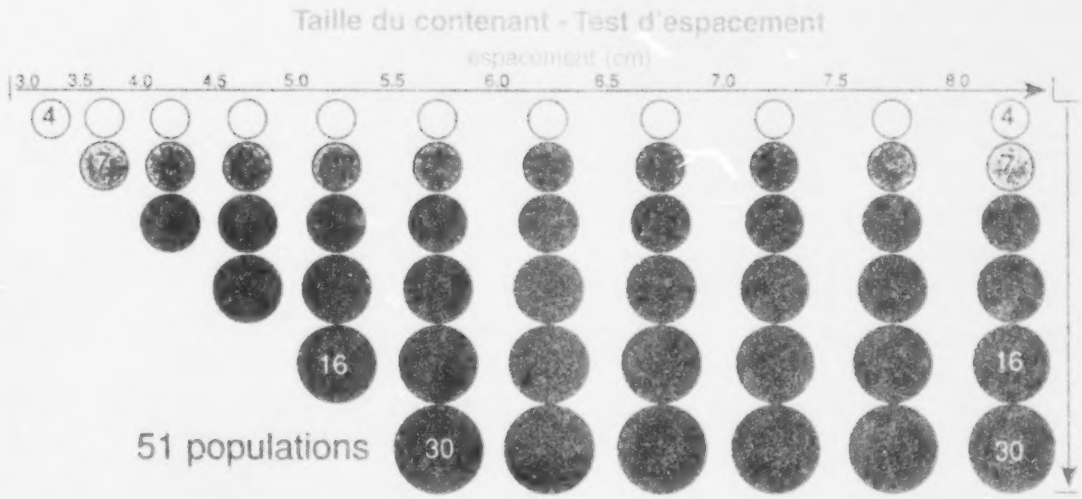
Materiel et méthodes 8
- Conteneurs expérimentaux 8
- Culture en pépinière 9
- Caractérisation destructive avant la transplantation à l'extérieur 10
- Aménagement du champ et transplantation à l'extérieur 10
- Caractérisation destructive des semis transplantés en plein champ 11
- Analyse de la croissance en pépinière et du rendement en plein champ 11

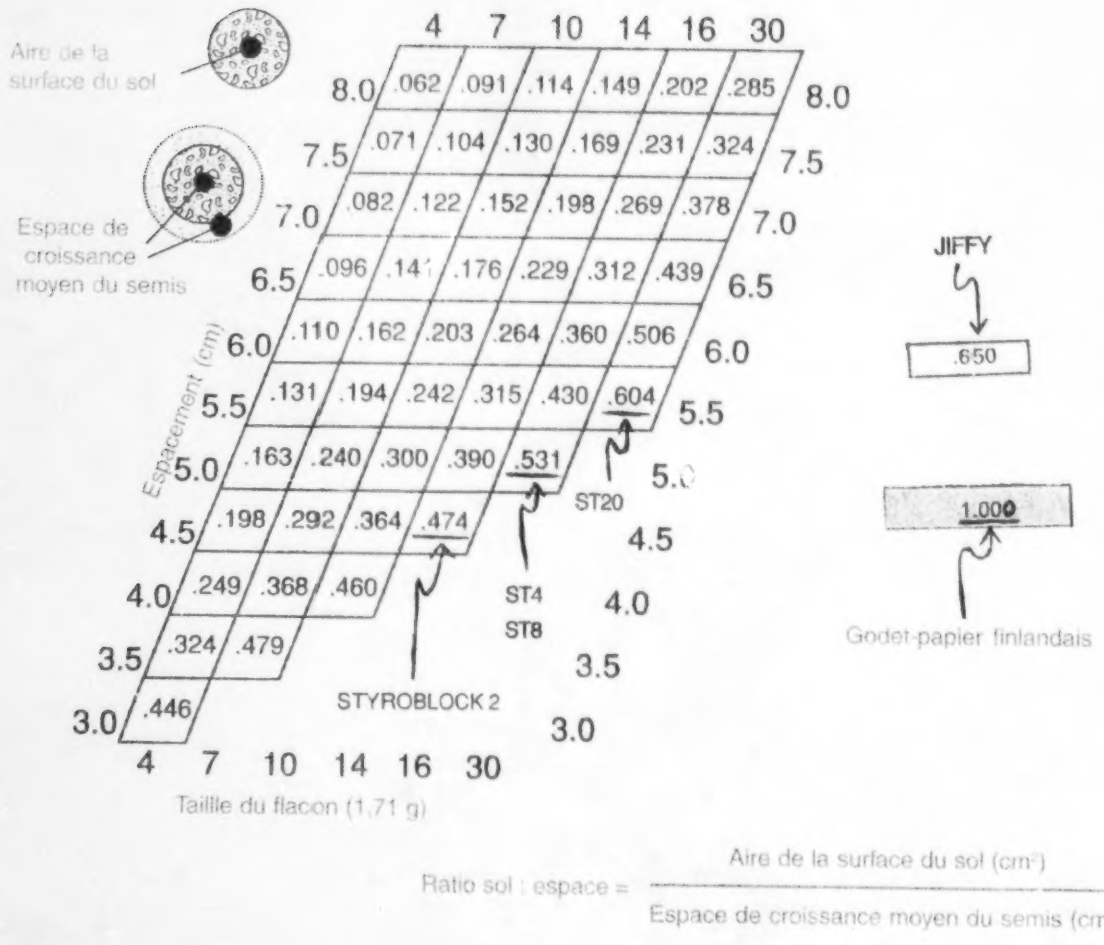
Résultats 12
- Caractéristiques des semis après la culture en pépinière 12
- Rendement des semis en plein champ 15
- Sommaire des effets de l'entassement 18

Analyse 19

Conclusion 21

Documents de référence 22





$$\text{Ratio sol : espace} = \frac{\text{Aire de la surface du sol (cm}^2\text{)}}{\text{Espace de croissance moyen du semis (cm}^2\text{)}}$$

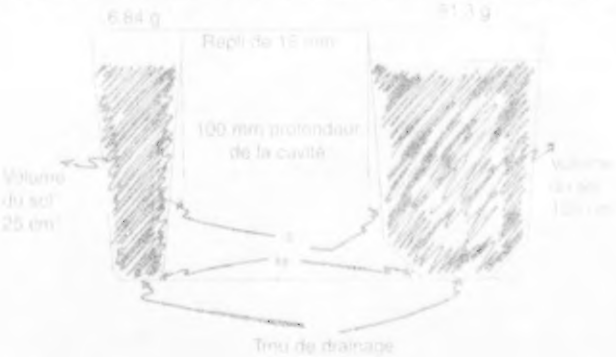
Introduction

Ces dernières années, on a observé une tendance à la hausse en ce qui a trait à l'utilisation d'arbres de grande taille cultivés dans des conteneurs (Brazier 1991; Balisky et coll. 1995). Les arbres de taille plus importante sont jugés nécessaires pour faire concurrence à la végétation non cultivée, que l'on éliminait au moyen d'une préparation mécanique intense et d'herbicides chimiques, par le passé; aujourd'hui, on a moins souvent recours à ces mesures, en raison de la réglementation (Jobidon et coll. 1998).

Van den Driessche (1982, 1984) et Caufield et coll. (1987) ont fait état de l'influence de la densité du peuplement cultivé sur la taille et sur le rendement touchant à la croissance, à la suite de la transplantation des semis de pépinière à racines nues.

Endean et Carlson (1975) et Carlson et Endean (1976) ont effectué des expériences ayant trait aux effets de différentes longueurs et différents volumes de cellules de conteneurs, sur la taille atteinte par les semis dans la pépinière, selon des espacements entre les plantes établis au préalable, tandis que Timmis et Tanaka (1976) ont étudié la croissance des semis dans les cellules d'un volume établi selon différents espacements des plantes. Barnett et Brissette (1986) et Simpson (1991) ont observé que le principal facteur occasionnant des écarts de croissance dans les systèmes de conteneurs était la densité de peuplement des cellules plutôt que la forme ou le volume de celles-ci. Les calculs fondés sur les résultats de D. Simpson (1991) font ressortir une nette réduction de la densité radiculaire des semis cultivés dans le sol de culture en conteneur, à mesure que les cellules de même taille étaient de plus en plus entassées dans la pépinière. Les auteurs des études des effets de la densité du peuplement au cours de la croissance et d'autres attributs des conteneurs sur la croissance des semis d'arbres des pépinières ont été déconcertés par les écarts sur les plans du diamètre, de la longueur et du volume des cellules, qui sont imposés par les conteneurs offerts sur le marché, lesquels ont été utilisés aux fins des expérimentations (Sutherland et Day 1988; Simpson 1991). Boudoux (1972), Endean et Carlson (1975), Timmis et Tanaka (1976), et Carlson et Endean (1976) ont fabriqué des cellules de culture pour les expérimentations relatives à la culture dans des conteneurs, afin d'éviter les types disparates de systèmes de conteneurs fabriqués dans le commerce.

La présente étude avait pour objet initial d'évaluer les mérites relatifs d'une augmentation du diamètre des cellules de culture des semis ou de l'accroissement de l'espace de croissance entre les cellules, dans le but de produire des arbres de taille plus importante, à des fins de plantation. Les résultats des deux expériences comparables présentées ici décrivent les effets de différentes combinaisons de diamètres et d'espacements des cellules sur la croissance en serre des semis de résineux et sur le rendement de ces semis à la suite de la transition stressante de la croissance en serre à la croissance en plein champ.



Matériel et méthodes

Conteneurs expérimentaux

On a construit les cellules de culture des plantes individuelles au moyen d'un film de plastique étanche aux gaz (Saranex^{MD}, Dow Canada Inc.) pouvant être scellé à chaud. Toutes les cellules mesuraient 100 mm de long et leurs parois étaient profilées selon un angle de cinq degrés par rapport à la verticale. La surface du trou de drainage, à la base de la cellule, correspondait à 20 % de la surface du sol. L'angle plus prononcé, partant du bord du trou de drainage jusqu'à la jonction avec la paroi latérale s'établissait à 45 degrés par rapport à l'horizontale. Les cellules ouvrées avaient une longueur de film de plastique supplémentaire de 15 mm, qu'on a replié par-dessus le bord extérieur d'un flacon pharmaceutique dont on avait coupé le fond fermé (il restait 2 cm de la partie supérieure du flacon). Cette partie repliée du film de plastique était retenue fermement en place au moyen du bouchon du flacon encliquetable, dont le centre avait été coupé et enlevé, à l'exception d'une bordure résiduelle de 2 mm. On a pratiqué des trous sur le dessus des cadres-supports individuels de contreplaqué extérieur d'un centimètre d'épaisseur, de sorte que les flacons coupés puissent glisser dans les trous, le diamètre supérieur du bouchon encliquetable empêchant la cellule complète, contenant le sol, de s'échapper par le trou. Les 51 cadres-supports individuels (chacun ayant une taille et un espacement de cellules différents) comptaient suffisamment de trous pour qu'on puisse installer les 40 cellules suspendues requises pour l'étude. Les cadres-supports comptaient suffisamment de cellules supplémentaires pour que les deux rangs des bords extérieurs de chaque unité fassent fonction de tampons non utilisés entre les cadres avoisinants situés sur la table de travail où se trouvaient des populations de semis présentant d'autres combinaisons de diamètres de cellules et d'espacements des plantes. Les parois extérieures de contreplaqué plein, de 150 mm d'épaisseur, soutenant les surfaces de contreplaqué permettaient aux cellules suspendues remplies de sol d'avoir accès à l'air circulant à travers le grillage métallique de la table de travail, situé à un mètre au-dessus du plancher de la serre. On a utilisé les mêmes 51 cadres-supports de contreplaqué remplis de cellules de croissance suspendues pour les deux cultures en serre (1990 et 1992) dont le présent rapport fait état.

Les cellules de culture des plantes étaient organisées selon 11 espacements allant de 3 à 8 cm (du centre au centre), selon un tracé équidistant (isocèle). Les diamètres intérieurs des flacons contenant les cellules de plastique (et, par conséquent, le diamètre de la surface du sol des flacons remplis) s'établissaient à 21,0, 25,5, 28,5, 32,5, 38,0 et 45,0 mm, les volumes de sol s'établissant à 25, 35, 45, 55, 70 et 100 ml, respectivement. Les densités de peuplement des semis au cours de la croissance allaient de 179 à 1 290 semis/m^2 (tableau 1). Les arrangements des tailles de cellules plus importantes selon les cinq espacements les plus étroits se sont avérés matériellement impossibles (tableau 1). Le manque de surfaces de travail dans la serre n'a pas permis la randomisation des différents traitements, car les cadres-supports de contreplaqué ayant les espacements de cellules les plus larges étaient plusieurs fois plus larges (0,56 m^2) que ceux ayant les espacements de cellules les plus étroits (0,11 m^2). Les conditions de culture étaient homogènes partout dans la serre; des ventilateurs de recirculation étaient en marche continuellement et les buses des lances d'irrigation mobiles ont été gardées exemptes d'obstructions.

On a élaboré un paramètre descriptif pour décrire le degré d'entassement produit par les différentes combinaisons de diamètres de cellules et d'espacements des plantes; ce paramètre est le rapport entre la surface du sol à l'intérieur de la cellule de plastique et l'aire de l'espace de croissance horizontale moyen, pour chaque semis. L'aire de l'espace de croissance horizontal moyen est plus grand que la surface

Tableau 1 : Ratio sol:espace et densité de peuplement des conteneurs expérimentaux au cours de la croissance

Espacement des plantes (cm)	Diamètre des cellules de croissance (mm)						Densité de peuplement (semis/m²)
	21	25.5	28.5	32.5	38	45	
	Ratio sol : espace						
8	0,062	0,091	0,114	0,149	0,202	0,285	179
7.5	0,071	0,104	0,13	0,169	0,231	0,324	204
7	0,082	0,122	0,152	0,198	0,269	0,378	238
6.5	0,096	0,141	0,176	0,229	0,312	0,439	276
6	0,11	0,162	0,203	0,264	0,36	0,506	318
5.5	0,131	0,194	0,242	0,315	0,43	0,604	380
5	0,163	0,24	0,3	0,39	0,531	-	470
4.5	0,198	0,292	0,364	0,474	-	-	571
4	0,249	0,368	0,46	-	-	-	721
3.5	0,324	0,479	-	-	-	-	937
3	0,446	-	-	-	-	-	1290

- impossible, en raison du chevauchement des cellules

du sol, en raison de l'espace entre les cellules. Ce rapport sol:espace s'accroît à mesure que les cellules de même taille sont regroupées plus étroitement, et il s'accroît également à mesure que s'accroît la taille des cellules ayant le même espacement (tableau 1). On peut considérer le rapport sol:espace comme étant un indice de l'entassement. Ainsi, un rapport sol:espace de 1,0 décrirait un système de conteneurs, par exemple des récipients de papier, n'ayant aucun espace entre les cellules individuelles. La surface de sol des cellules placées dans les 51 cadres-supports de contreplaqué individuels occupait de 6,2 % à 60,4 % de l'aire de l'espace de croissance horizontale (tableau 1).

Culture en pépinière

On a effectué deux cultures complètes, soit une culture d'hiver, en 1990, et une culture d'été, en 1992. On a rempli les cellules d'un mélange de « sol » composé de tourbe et de vermiculite dans un rapport de 2:1, puis on a saturé ce sol d'eau par irrigation au moyen de la lance mobile située au-dessus de la surface de travail, de sorte que la surface mouillée du sol se trouve à environ 1 cm au-dessous de la lèvre de la cellule; cette dépression a reçu la semence et une application de 5 mm de gravier calcique, pour couvrir celle-ci. On a semé des épinettes noires (*Picea mariana* [Mill.] B.S.P) manuellement, à raison de quatre graines par cellule, afin d'assurer une pleine occupation au début de février pour la culture d'hiver de 1990,

en serre, et à la mi-mai, pour la culture d'été de 1992, en serre. On a maintenu la serre à une température de 25°C durant la période de germination de trois semaines, et on a fourni un éclairage supplémentaire pendant deux heures, durant la nuit, pour prévenir l'apparition de bourgeons. On a appliqué des solutions d'engrais (solution de démarrage) contenant 5 milligrammes par litre (mg/L) d'azote, aux deux heures, sous forme de brouillard, au cours de la période de germination de trois semaines. On a maintenu la température de la serre à 22 °C, le jour, et à 18 °C, la nuit, durant la période de croissance. Une fois la germination complétée, on a procédé à un lessivage et à une irrigation à saturation du sol, au moins trois fois par semaine, afin d'éviter le manque d"eau et pour faire en sorte que les semis croissant dans les cellules de différentes tailles reçoivent les mêmes concentrations d'engrais en tout temps, au cours de la période de croissance. Les quantités d'azote des solutions d'engrais (solutions de croissance) utilisées à chaque irrigation étaient de 25 mg/L, au début, et ont été augmentées par tranches de 25 mg/L, toutes les deux ou trois semaines, de sorte que les plantes reçoivent 125 mg/L d'azote, au cours de la quinzième semaine suivant l'ensemencement. À la fin de la période de croissance exponentielle, on a cessé de fournir un éclairage supplémentaire, la nuit, afin de faciliter l'endurcissement du tissu succulent, avant la transplantation en plein champ. On a procédé au lessivage de l'engrais résiduel du sol au moyen d'abondantes applications d'eau, pendant vingt-quatre heures, puis à une irrigation régulière pendant deux semaines, au moyen d'eau uniquement. Au bout de deux semaines sans apport d'engrais, on a irrigué la culture d'hiver de 1990, en serre, au moyen d'une solution de finition contenant 35 mg/L d'azote, au cours du mois de juin; ces semis ont été transplantés en plein champ au bout de 21 semaines suivant l'ensemencement, au début de juillet. La culture d'été de 1992, en serre, a fait l'objet d'applications de la solution de finition tout au long de l'automne, une fois l'éclairage de nuit suspendu et à la suite du lessivage et de l'irrigation à l'eau, et on a maintenu la serre à des températures proches des températures extérieures une fois qu'on eût détecté la formation de bourgeons apicaux (Carlson 1983); ces semis ont été entreposés surgelés dans des boîtes scellées, et transplantés en plein champ en mai 1993.

Caractérisation destructive avant la transplantation à l'extérieur

On a établi les caractéristiques des semis avant la plantation, à partir d'un sous-ensemble composé de 20 semis croissant sur les rangées intérieures de chacune des 51 populations. On a lavé les racines pour en enlever le sol et on a consigné la taille, le diamètre du collet et les poids postétuvage des pousses et des racines.

Aménagement du champ et transplantation à l'extérieur

Au cours de la première semaine de juillet 1990, on a enlevé des cadres-supports les 20 semis d'épinettes noires restant sur les rangées intérieures des cultures d'hiver en serre de chacune des populations. Au moment de la plantation, on a extrait les semis des cellules de culture de plastique. L'aménagement de la plantation, dans un ancien champ de pépinière servant à la culture de plantes à racines nues, était la suivante : cinq rangées d'arbres comptant des populations de semis précises, en direction nord-sud, sur des bandes cultivées est-ouest, formant quatre blocs. Le nombre de populations de chacun des blocs était entièrement aléatoire. Les rangées de cinq arbres étaient distancées à raison de 38 cm les unes des autres et les semis étaient distancés à raison de 25 cm, sur les rangs. On a suivi le même protocole pour la culture en serre de l'été 1992, une fois les semis retirés de l'entreposage congelé, et décongelés, en mai 1993.

Caractérisation destructive des semis transplantés en plein champ

Au cours du mois d'octobre 1990, à la fin d'une saison de croissance en champ, on a extirpé les 20 semis de la culture en serre de l'hiver 1990. On a secoué les racines délicatement pour en enlever le sol, puis on a lavé celles-ci pour en enlever le sol résiduel provenant du champ et de la serre, et on a déterminé la taille, le diamètre du collet et les poids postétuvage des pousses et des racines. Au cours du mois d'octobre 1993, on a extirpé la récolte en serre de l'été 1992 qui avait été transplantée à l'extérieur et on l'a soumise à la même caractérisation destructive, à la fin d'une saison de croissance en plein champ.

Analyse de la croissance en pépinière et du rendement en plein champ

Les caractéristiques moyennes des semis à la fin de la culture en pépinière sont présentées sous forme de diagrammes de dispersion, en regard des ratios sol:espace des configurations de conteneurs ouvrés dans lesquels les semis ont été cultivés. Les accroissements des poids des pousses et des racines en pourcentages dans la population moyenne à la fin d'une saison de croissance en plein champ sont présentés sous forme de diagrammes de dispersion, au regard des densités radiculaires des mottes au moment de la transplantation à l'extérieur. Les traitements graphiques visant l'application de courbes polynomiales cubiques aux diagrammes de dispersion ont été effectués au moyen de Microsoft Excel, version 5.0 (1994).

Résultats

Caractéristiques des semis après la culture en pépinière

La taille des semis à la fin de la période de culture en pépinière s'est accrue à mesure que s'accroissait le ratio sol:espace, tant dans le cas de la culture d'hiver de 1990 (figure 1) que pour la culture d'été de 1992 (figure 2). La croissance des pousses s'est accrue progressivement par rapport à la croissance des racines (ratios pousses:racines plus élevés) à mesure que le ratio sol:espace s'accroissait, dans le cas des deux cultures (figures 3 et 4). Les ratios pousses:racines étaient plus élevés dans le cas de la culture d'hiver de 1990 (figure 3), la croissance en hauteur s'étant poursuivie en raison de la longue durée du jour au cours du processus d'endurcissement. La densité radiculaire (mg de racines/cm^3 de sol) diminuait à mesure que le ratio sol:espace s'accroissait, dans le cas des deux cultures (figures 5 et 6). La densité radiculaire était beaucoup plus élevée dans le cas de la culture d'été de 1992 (figure 6), parce que la croissance des racines s'est poursuivie pendant deux mois suivant la cessation de la croissance en hauteur et la formation de bourgeons apicaux au cours des courtes journées d'automne. Les mottes légèrement enracinées, notamment celles à ratios sol:espace élevés de la culture d'hiver de 1990, étaient plus fragiles et il fallait les manipuler très délicatement pour éviter la perte de sol lors de leur extraction des cellules de plastique, au moment de la plantation. On a observé, chez les semis, une tendance générale à devenir plus minces et fileux (ratio taille:collet croissant), à mesure que s'accroissait l'entassement, exprimé sous forme de ratio sol:espace. Un accroissement de la formation de branches latérales des semis est devenu apparent, à mesure que l'entassement et la concurrence pour la lumière sont devenus moins intenses, mais cette caractéristique n'a pas été quantifiée.

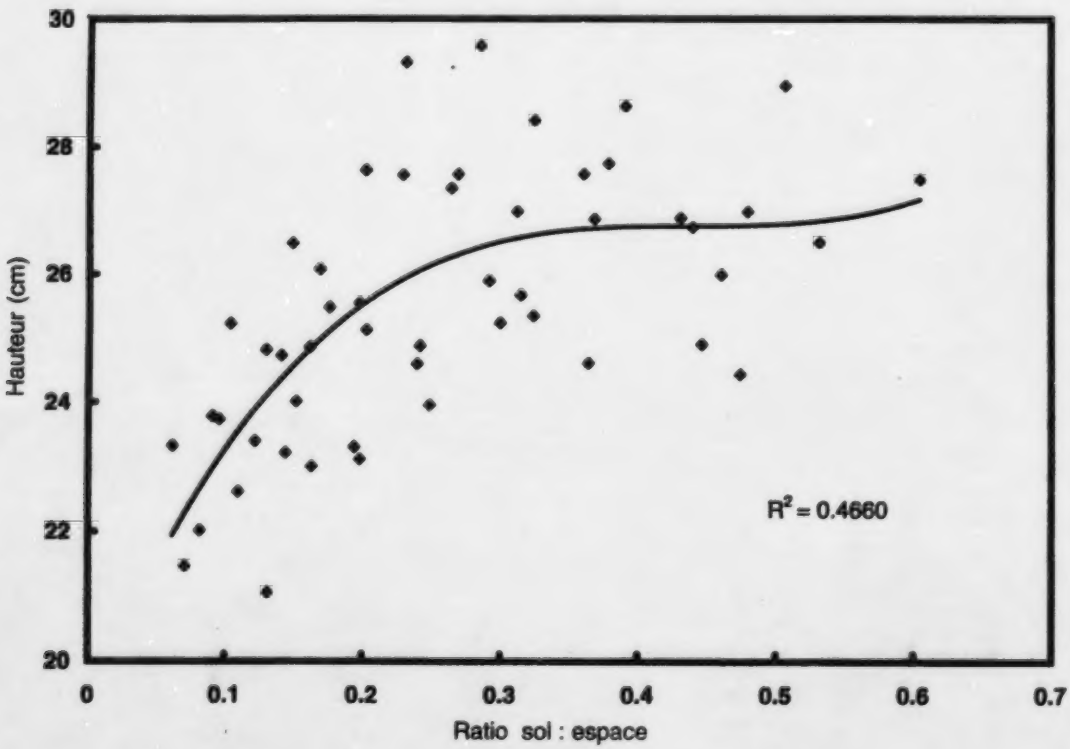


Figure 1 Rapport entre la taille des semis et le ratio sol:espace, à la fin de la culture en serre de l'hiver 1990 (les points représentent les moyennes de 20 semis)

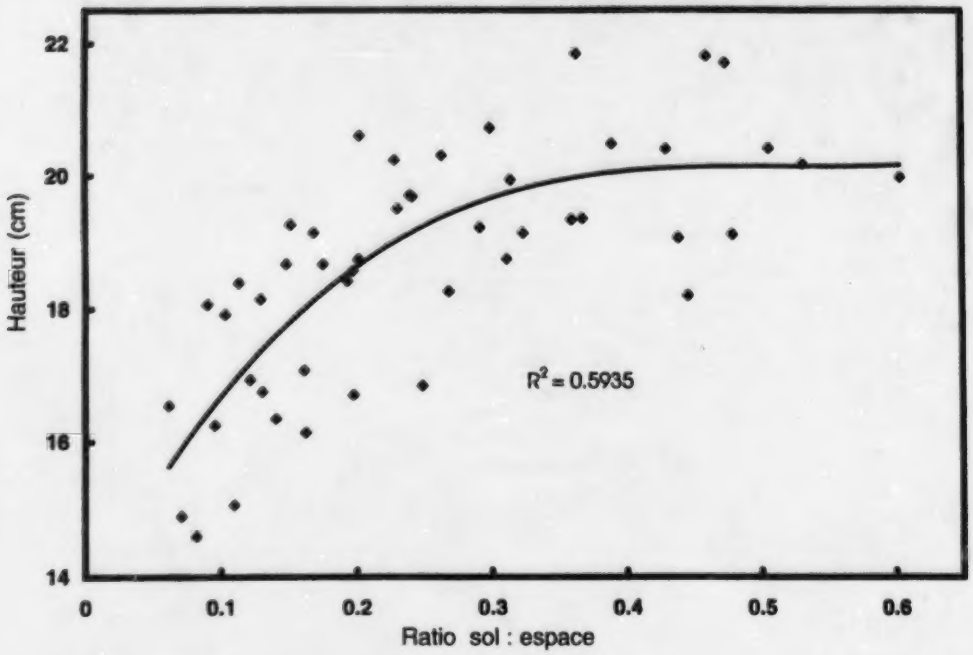


Figure 2 Rapport entre la taille des semis et le ratio sol:espace à la fin de la culture en serre de l'été 1992 (les points représentent les moyennes de 20 semis)

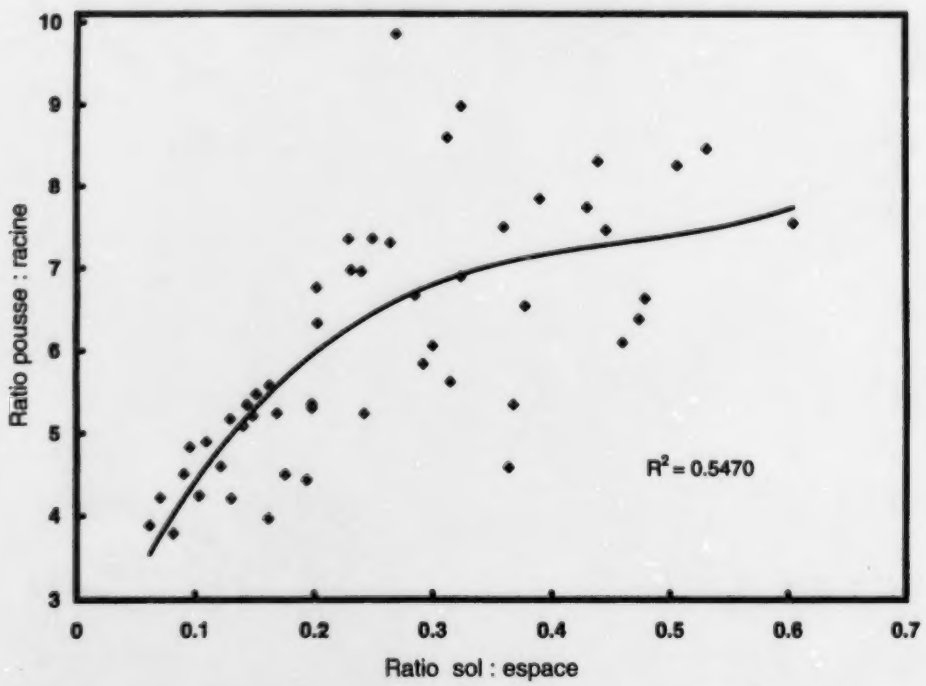


Figure 3 Rapport entre le ratio pousses:racines des populations et le ratio sol:espace, à la fin de la culture en serre de l'hiver 1990 (chaque point représente l'une des 51 populations)

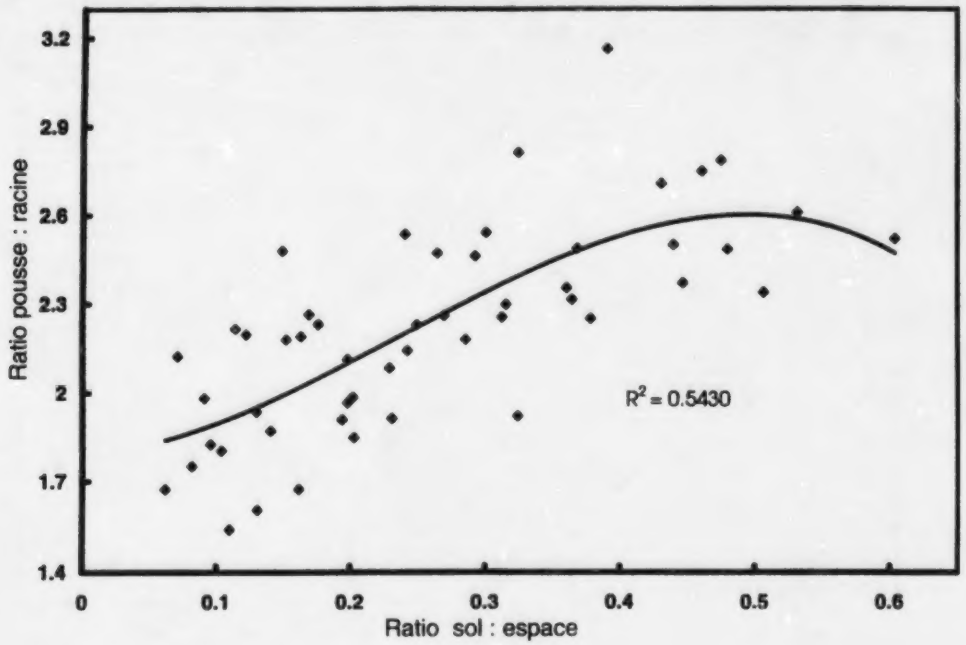


Figure 4 Rapport entre le ratio pousses:racines des populations et le ratio sol:espace à la fin de la culture en serre de l'été 1992 (chaque point représente l'une des 51 populations)

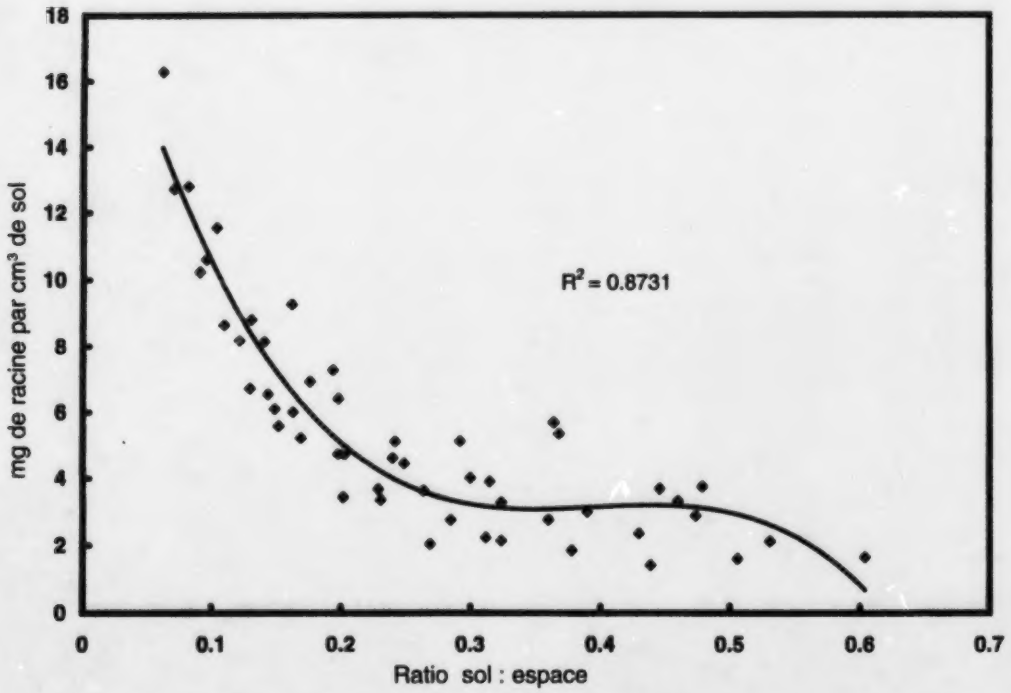


Figure 5 Rapport entre la densité radiculaire (mg de racines/cm³ sol) et le ratio sol:espace à la fin de la culture en serre de l'hiver 1990 (les points représentent les moyennes de 20 semis)

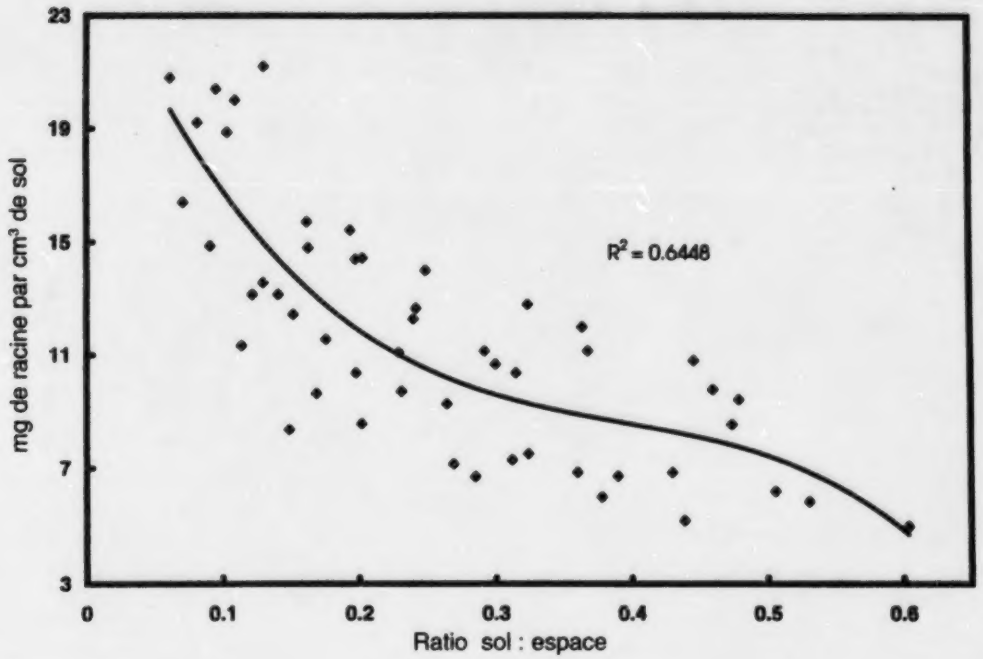


Figure 6 Rapport entre la densité radiculaire (mg de racines/cm³ sol) et le ratio sol:espace à la fin de la culture en serre de l'été 1992 (les points représentent les moyennes de 20 semis)

Rendement des semis en plein champ

En raison des coefficients de régression élevés entre la densité radiculaire et la mesure de l'entassement (ratio sol:espace) des arrangements individuels de cellules de croissance (figures 5 et 6) en pépinière, nous avons préparé un graphique du rendement sur le plan de la croissance au cours de la première saison de croissance en plein champ, au regard à la fois de la densité radiculaire et du ratio sol:espace. Comme la croissance des semis était toujours liée davantage à la densité radiculaire en pépinière, plutôt qu'au ratio sol:espace, au cours de la première saison de croissance en plein champ faisant suite à la transplantation à l'extérieur, on ne présente ici que le rapport entre la densité radiculaire en pépinière et la croissance en plein champ. La croissance des pousses au cours de la première saison de croissance en plein champ suivant la transplantation a diminué proportionnellement à l'accroissement de la densité radiculaire en pépinière, en réaction à la réduction de l'entassement , tant dans le cas de la culture en serre de l'hiver 1990 (figure 7) que dans celui de la culture en serre de l'été 1992 (figure 8). La croissance des racines à la suite de la transplantation à l'extérieur a également diminué à mesure que la réduction de l'entassement s'est traduite par un accroissement de la densité radiculaire en serre (figures 9 et 10). La croissance des racines en plein champ la plus active a été produite par les mottes les plus légèrement enracinées, à savoir celles des semis qui avaient été produits selon les arrangements de cellules de croissance ayant les ratios sol:espace les plus élevés.

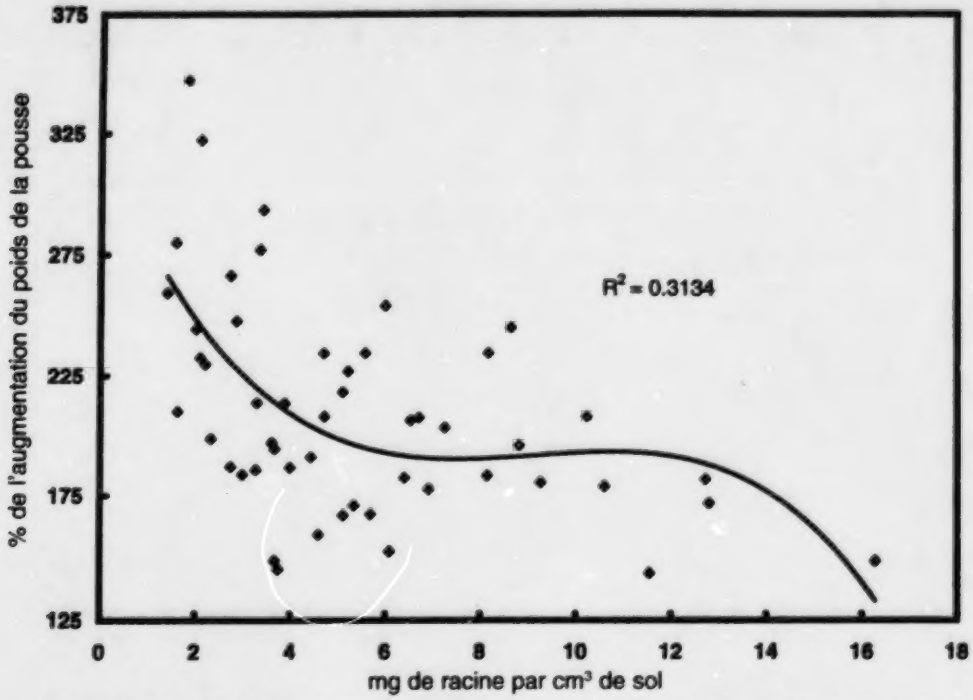


Figure 7 Rapport entre l'accroissement du poids des pousses des populations, au cours de la première saison suivant la transplantation en plein champ, et la densité radiculaire des populations à la fin de la culture en serre de l'hiver 1990 (chaque point représente l'une des 51 populations)

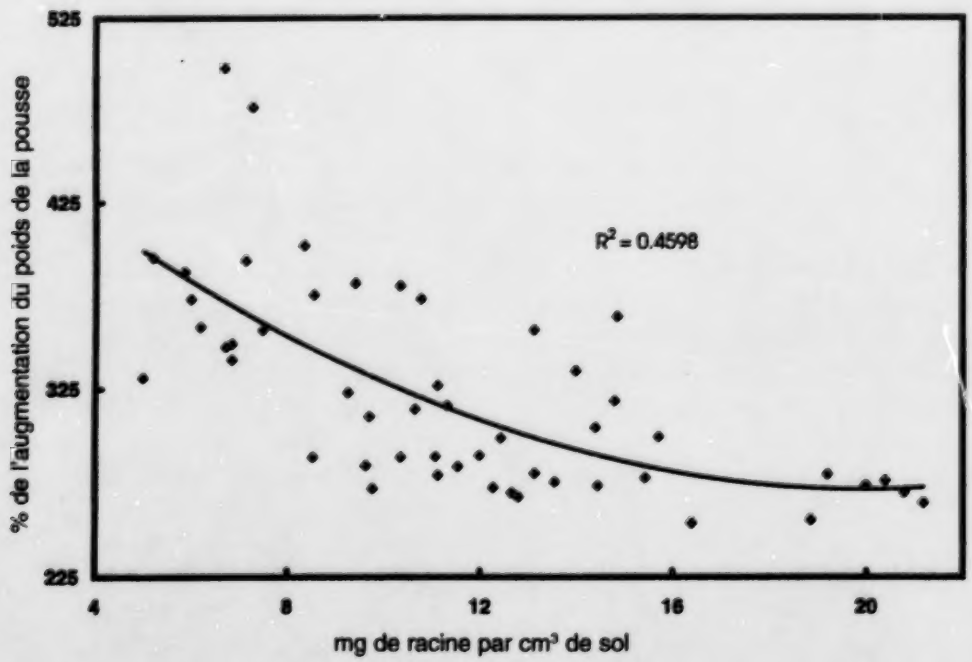


Figure 8 Rapport entre l'accroissement du poids des pousses des populations, au cours de la première saison suivant la transplantation en plein champ, et la densité radiculaire des populations à la fin de la culture en serre de l'été 1992 (chaque point représente l'une des 51 populations)

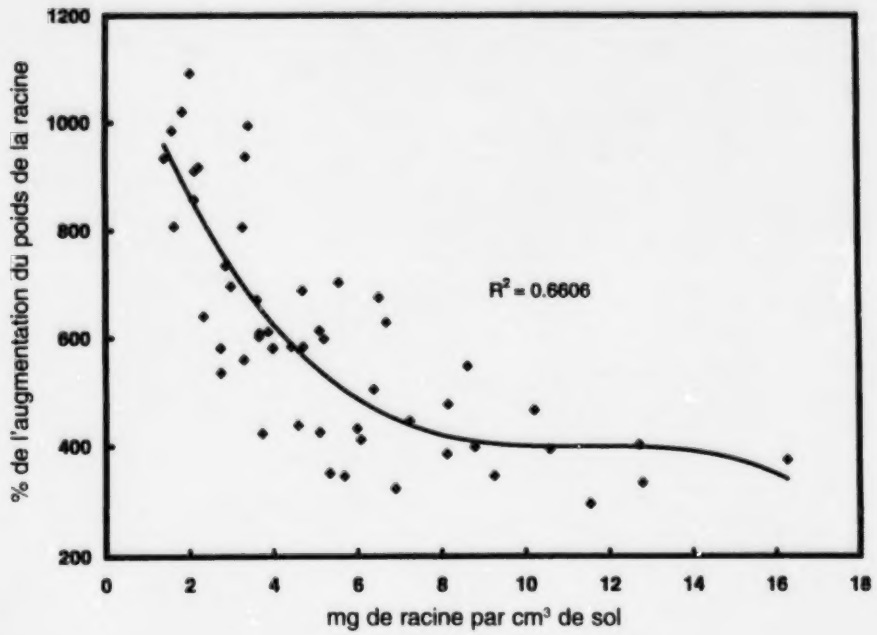


Figure 9 Rapport entre l'accroissement du poids des racines des populations au cours de la première saison suivant la transplantation en plein champ, et la densité radiculaire des populations à la fin de la culture en serre de l'hiver 1990 (chaque point représente l'une des 51 populations)

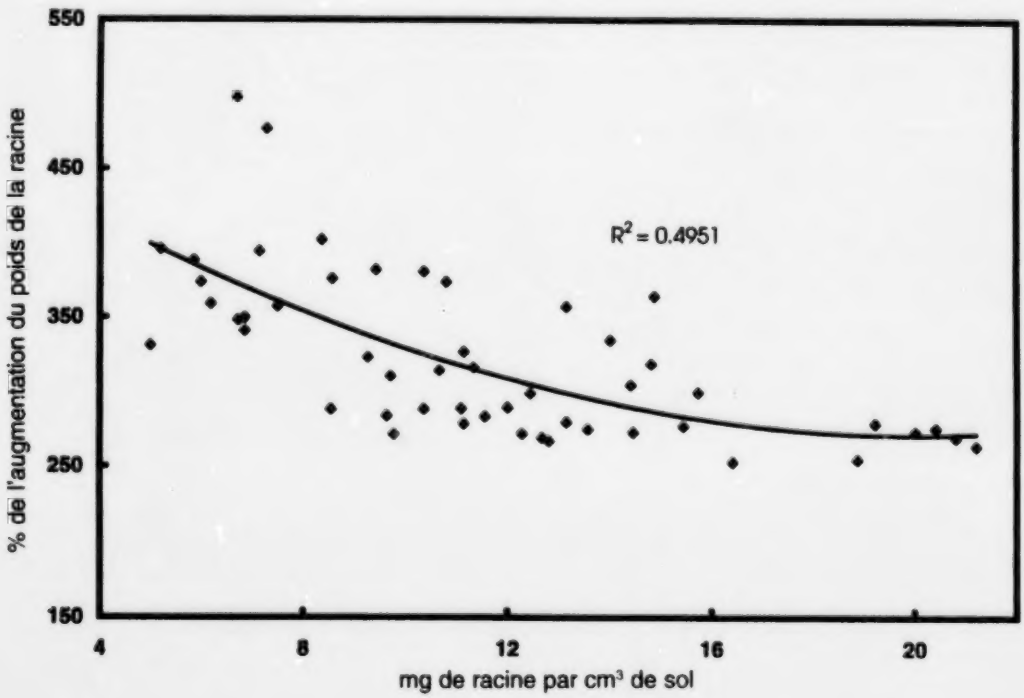
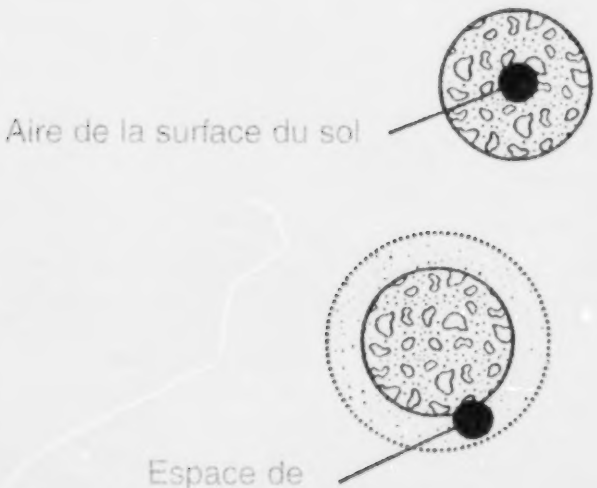


Figure 10 Rapport entre l'accroissement du poids des racines des populations au cours de la première saison suivant la transplantation en plein champ, et la densité radiculaire des populations à la fin de la culture en serre de l'été 1992 (chaque point représente l'une des 51 populations)

Sommaire des effets de l'entassement

La présente étude a fait ressortir que la réduction de l'espace de croissance des semis résultant de l'entassement, décrit au moyen de ratios sol:espace, a produit des accroissements de la hauteur, des ratios pousses:racines et des ratios hauteur:diamètre du collet (données non présentées). L'entassement a également produit des couronnes plus minces, une branchaison latérale réduite (données non présentées) et des mottes moins fermes, à densité radiculaire réduite. Les racines des semis croissant dans des cellules entassées, plus juvéniles et moins subérifiées, ont poussé plus activement dans le sol du champ de plantation, au cours de ce qu'on pourrait considérer comme un test de régénération des racines, portant sur une saison.



$$\text{Ratio sol : espace} = \frac{\text{Aire de la surface du sol (cm}^2\text{)}}{\text{Espace de croissance moyen du semis(cm}^2\text{)}}$$

Analyse

La similitude entre les résultats des récoltes d'épinettes noires d'hiver et d'été accroît la confiance dans la généralité de la réaction à l'entassement des semis cultivés dans des conteneurs au cours de la culture en pépinière. On s'attend à ce que les résultats de la présente étude effectuée au moyen de semis d'épinette noire, cultivés dans des cadres-supports ouvrés et aménagés selon divers arrangements, s'appliquent à d'autres essences, en théorie. L'épinette noire montre un niveau élevé de plasticité par rapport à la disponibilité de la lumière. L'effet de l'ombrage sur des semis de résineux d'autres essences a provoqué une croissance en hauteur plutôt qu'une croissance latérale et radiculaire (Mitchell et Arnott 1995); de tels changements des ratios pousses:racines sont révélateurs de changements dans la répartition du carbone. Timmis et Tanaka (1976) et Simpson (1991) ont découvert que la culture à densité de peuplement élevée dans des systèmes de conteneurs produit des semis de résineux grands et minces, tandis que la culture à faible densité de peuplement produit des semis courts et massifs. Notre étude des épinettes noires confirme ces observations générales, qui sont comparables à celles qui sont présentées dans les études de la densité de culture en pépinière de semis à racines nues (Van den Driessche 1982, 1984; Caufield et coll. 1987). Timmis et Tanaka (1976) ont parlé de la nature parasitaire du feuillage inférieur du collet qui est privé de lumière en raison de la concurrence mutuelle entre les semis cultivés selon des densités de peuplement élevées. Ces aiguilles ne reçoivent pas suffisamment de lumière pour satisfaire leurs besoins métaboliques et, par conséquent, elles tirent du photosynthétat du feuillage croissant plus haut sur le collet, où la concurrence pour la lumière n'est pas aussi intense. La tendance des semis à compenser le manque de lumière en affectant une proportion plus élevée du photosynthétat végétal total à la croissance des pousses, au détriment de la croissance radiculaire (Drew 1983) est la raison pour laquelle les mottes de racines des semis entassés étaient très fragiles.

Les semis de résineux cultivés opérationnellement dans des conteneurs à parois rigides qui sont envoyés aux champs ont habituellement des densités radiculaires plus élevées que 4 mg/cm^3. Des mottes aussi fermes n'ont pas besoin d'une manipulation prudente pour éviter une désintégration grave après leur retrait des cellules de croissance. Endean et Carlson (1975) ont démontré que, à mesure que la densité radiculaire s'élève au-dessus de 0,45 mg/cm^3, les taux de croissance en pépinière des semis diminuent. Les niveaux de densité radiculaire observés dans le cadre de la présente étude étaient constamment supérieurs à 1 mg/cm^3, et ils pouvaient atteindre jusqu'à 16 mg/cm^3, à mesure que le ratio sol:espace ou l'entassement diminuait, pour produire des semis à racines de plus en plus feutrées. Simpson (1991) a produit des densités radiculaires atteignant jusqu'à 60 mg/cm^3, selon des densités de peuplement des cellules de conteneurs peu élevées; il a conclu que les gros semis avaient une croissance en plein champ plus importante, mais que la densité de peuplement au cours de la croissance en pépinière n'influait pas sur les taux moyens de croissance relative des semis. On a tiré des conclusions similaires au sujet de l'avantage original relatif à la taille dans le cas des semis à racines nues, et au sujet de l'absence d'écarts, dans les taux de croissance relative, qui soient attribuables à la densité de peuplement de la culture (Van den Driessche 1982, 1984). Ces conclusions sont contraires aux résultats de la présente étude, qui donnent à entendre que les taux de croissance (en particulier les taux de croissance des racines) des semis transplantés en plein champ diminuent à mesure que la densité radiculaire en pépinière s'accroît, tendant vers un état de « feutrage radiculaire » , en réaction à la réduction de la densité de culture ou de l'entassement. L'entassement pousse les plantes à consacrer une quantité disproportionnée de photosynthétat aux pousses, ce qui produit des racines immatures, dont les taux de croissance en plein champ plus active permettent à celles-ci d'accéder aux volumes croissants de sol adjacent à la motte

transplantée. La régénération des racines la plus faible à être observée au cours de la présente étude était celle des plantes cultivées selon les arrangements de cellules les moins entassés et ayant les ratios sol:espace les plus faibles. Lorsque les plantes ayant des fanes larges, bien ramifiées et placées selon des espacements larges étaient incitées à modérer la croissance des racines au cours du processus d'endurcissement préalable à la transplantation à l'extérieur, le poids des racines s'accroissait énormément. Lorsque l'on combine la réduction du tissu foliaire attribuable à une culture de plus en plus dense (Simpson 1991) à l'observation suivant laquelle le photosynthétat actuel est la source de carbone primaire pour la croissance de nouvelles pousses (Philipson 1987; et Van den Driessche 1987), la croissance radiculaire supérieure des semis ayant subi des conditions d'entassement en pépinière est étonnante. Cette croissance supérieure semble attribuable à une différence dans l'immaturité des racines des semis entassés, par opposition aux racines plus matures et plus subérifiées des semis en croissance libre. L'avantage lié aux racines immatures semble l'emporter sur tout avantage produit par l'accroissement du tissu photosynthétique résultant de la réduction de l'entassement. Les semis cultivés en pépinière dans des conteneurs sont souvent soumis à un séjour prolongé dans la cellule de croissance, dans le but de produire des populations destinées à la transplantation de grande taille, qui sont censées être mieux en mesure de faire concurrence aux végétaux non cultivés, à la suite de la transplantation. Un séjour prolongé dans les cellules de croissance a également pour but d'accroître la densité radiculaire de la motte, de manière à prévenir la désintégration au cours de la manipulation, du transport et de la transplantation à l'extérieur.

Barnett et Brissette (1986) et Balisky et coll. (1995) suggèrent que le développement de racines déformées s'accroît rapidement avec la durée du séjour des semis dans les conteneurs. Une déformation accrue des racines se produit lorsque les semis, cultivés selon des espacements larges et ayant une masse foliaire importante, sont amenés à ralentir la croissance des pousses, par les pratiques de culture à faibles niveaux d'azote et par la courte durée de la journée, au cours de la période d'endurcissement. Les semis non entassés ayant accès à des niveaux d'éclairage élevés sur le collet au complet, dirigent de vastes quantités de photosynthétat aux racines au cours de la période d'endurcissement. Cette croissance radiculaire disproportionnée se produirait normalement (pour les semis cultivés selon des densités de peuplement plus élevées) lorsque les niveaux de lumière sont élevés dans le champ en raison des espacements importants des plantes, produits par les arrangements spatiaux extérieurs. La croissance radiculaire très vigoureuse à l'intérieur des cellules de conteneurs moins entassées a produit des semis ayant des densités élevées de racines subérifiées, relativement peu susceptibles de réagir à la suite de la transplantation à l'extérieur. Balisky et coll. (1995) ont mentionné des observations de déformation des racines même avant que la densité radiculaire des systèmes de conteneurs à parois rigides s'accroisse suffisamment pour faciliter les activités normales d'extraction, de manipulation et de transport. Les constatations de Selby et Seaby (1982) concernant la courte période suivant la germination des semences, au cours de laquelle les semis développent des racines latérales primaires, sont pertinentes en ce qui a trait à cette rapide déformation des racines; ces auteurs ont attribué l'instabilité des pins transplantés à l'extérieur au manque de racines-supports latéraux primaires orientés comme il se doit, et à l'incapacité de ces semis de produire de nouvelles racines latérales primaires.

Conclusion

McGilvray et Barnett (1982) et Barnett et Brissette (1986) se sont demandés si des « semis équilibrés » ayant des ratios pousses:racines faibles étaient vraiment nécessaires ou désirables pour la culture dans des conteneurs. On garde souvent les semis dans la pépinière durant de longues périodes, afin de réduire les ratios pousses:racines selon des spécifications établies au préalable, pendant que la culture est soumise à un régime d'endurcissement à faible niveau d'azote. Au cours de l'endurcissement, la croissance des racines s'élabore dans le sol confiné des conteneurs. La culture en pépinière dans des conteneurs devrait retarder le plus possible cette croissance radiculaire très active, jusqu'à ce que les semis arrivent sur le site de transplantation à l'extérieur, afin d'avoir accès à un volume maximal de nouveau sol pour les apports en eau et en nutriments. La présente étude a fait ressortir que, en ce qui a trait aux semis qui sont « plus équilibrés » (ratio pousses:racines faible), la production de mottes à densité radiculaire élevée peut réduire les taux de croissance en plein champ. Ces observations confirment celles de Balisky et Burton (1997), qui ont observé que les semis de résineux cultivés selon les modes de culture classiques et soumis à un séjour prolongé dans des conteneurs à parois rigides , développaient la plupart de leurs nouvelles racines dans des couches de sol froides, à partir de points de croissance actifs situés à la partie inférieure de la motte, par opposition à un enracinement latéral, à partir des côtés de la motte, dans des couches de sol relativement chaudes.

Si la production de mottes à enracinement fragile était intégrée aux régimes de culture opérationnels, l'expédition des semis aux sites de transplantation à l'extérieur dans les cellules des conteneurs de croissance en pépinière réduirait au minimum la perte de sol (Carlson 1983) et l'extraction des semis aurait lieu au moment de la plantation. On devrait aussi envisager des régimes de culture incorporant des mottes dont la croissance des racines a été inhibée par un vide d'air au fond du contenant; les mottes sont alors recouvertes d'un filet. Dans un tel régime, les mottes n'ont pas besoin d'une croissance radiculaire excessive pour assurer leur stabilité (Orlander 1982; Balisky et coll. 1995).

Les avantages des semis ayant des racines immatures et aptes à réagir, sur le plan des taux de croissance en plein champ, donnent à entendre que les spécifications habituelles relatives aux semis, lesquels exigent des mottes fermes et bien enracinées et qui soient faciles à extraire, à manipuler et à transporter sans perte de sol, doivent être réévaluées. Les taux de croissance accrus que l'on observe au cours de la période critique suivant immédiatement la transplantation à l'extérieur, durant laquelle la densité radiculaire des mottes produites en pépinière est réduite, nous mènent à recommander la production de mottes à enracinement léger, à la fois dans des systèmes de conteneurs à parois rigides, et sous forme de mottes autoportantes recouvertes d'un filet, ce qu'on pourrait réaliser en réduisant la durée du séjour dans des conteneurs et en modifiant les pratiques agronomiques visant à produire des ratios pousses:racines faibles, convenant davantage aux populations à racines nues.

Documents de référence

Balisky, A.C., Burton, P., 1997. Planted conifer seedling growth under two soil thermal regimes in high-elevation forest openings in interior British Columbia. New For. 14: 63-82.

Balisky, A.C., Salonius, P., Walli, C., Brinkman, D., 1995. Seedling roots and forest floor: Misplaced and neglected aspects of British Columbia's reforestation effort? For. Chron. 71: 59-65.

Barnett, J.P., Brissette, J.C., 1986. Producing southern pine seedlings in containers. U.S.D.A. Forest. Serv., Gen. Tech. Rep. SO-59.

Boudoux, M., 1972. Optimum container size for black spruce. In: Waldron, R.M. (*Éd.*), Proc. of a workshop on container planting in Canada. Direction de la coordonnation des programmes, Environnement Canada, Service canadien des forêts, Ottawa, Rapp. d'information DPC-X-2, pp. 142-150.

Brazier, D., 1991. A review of changes in B.C. forest seedling market during the period 1986-1991. In: Donnelly, F.P., Lussenberg, H.W. (*Compilateurs*), Proc. 1991 Forest Nursery Association of British Columbia Meeting, Prince George, 1991, pp. 37-42.

Carlson, L.W., 1983. Conseils pour la culture en récipient des semis de conifères dans les provinces des Prairies. Service canadien des forêts, Centre de recherche forestière du Nord, Edmonton (Alberta), Rapport d'information NOR-X-214.

Carlson, L.W., Endean, F., 1976. The effect of rooting volume and container configuration on the early growth of white spruce seedlings. Can. J. For. Res. 6: 221-224.

Caufield, J.P., South, D.B., Boyer, J.N., 1987. Nursery seedbed density is determined by short-term or long-term objectives. South. J. Appl. For. 11: 9-14.

Drew, A.P., 1983. Optimizing growth and development of 2-0 Douglas-fir seedlings by altering light intensity. Can. J. For. Res. 13: 425-428.

Endean, F., Carlson, L.W., 1975. The effect of rooting volume on the early growth of lodgepole pine seedlings. Can. J. For. Res. 5: 55-60.

Jobidon, R., Charette, L., Bernier, P.Y., 1998. Initial size and competing vegetation effects on water stress and growth of *Picea mariana* (Mill.) BSP seedlings planted in three different environments. For. Ecol. Manage. 103: 293-305.

McGilvray, J.M., Barnett, J.P., 1982. Relating seedling morphology to field performance of containerized southern pines. In: Guldin, R.W., Barnett, J.P., (*Éds*), Proceedings, Southern Containerized Forest Tree Seedling Conference. U.S.D.A. Forest Serv. SO. For. Exp. Stn. Gen. Tech. Rep. SO-GTR-37, pp 39-46.

Mitchell, A.K., Arnott, J.T., 1995. Effects of shade on the morphology and physiology of amabilis fir and western hemlock seedlings. New For. 10: 79-98.

Microsoft Corporation. 1994. Microsoft Excel User's Guide, Version 5.0

Orlander, G., 1982. The air-pruned seedling a solution to the root-deformation problem? In: Hulten, H. (*Éd.*), Root deformation of forest tree seedlings - proceedings of a nordic symposium, Garpenberg, 1981. Swedish University at Agricultural Sciences, Department of Forest Yield Research. Report No. 11, pp. 91-94.

Philipson, J.J., 1987. Root growth in Sitka spruce and Douglas-fir transplants: dependence on the shoot and stored carbohydrates. Tree Physiol. 4: 101-108.

Selby, C., Seaby, D.A., 1982. The effect of auxins on *Pinus contorta* seedling root development. Forestry 55: 125-135.

Simpson, D., 1991. Growing density and container volume affect nursery and field growth of interior spruce seedlings. North. J. Appl. For. 8: 160-165.

Sutherland, D.C., Day, R.J., 1988. Container volume affects survival and growth of white spruce, black spruce and jack pine seedlings: a literature review. North. J. Appl. For. 5: 185-189.

Timmis, R., Tanaka, Y., 1976. Effects of container density and plant water stress on growth and cold hardiness of Douglas-fir seedlings. For. Sci. 22: 167-172.

Van den Driessche, R., 1982. Relationship between spacing and nitrogen fertilization of seedlings in the nursery, seedling size, and outplanting performance. Can. J. For. Res. 12: 865-875.

Van den Driessche, R., 1984. Relationship between spacing and nitrogen fertilization of seedlings in the nursery, seedling mineral nutrition, and outplanting performance. Can. J. For. Res. 14: 431-436.

Van den Driessche, R., 1987. Importance of current photosynthate to new growth in planted conifer seedlings. Can. J. For. Res. 17: 776-782